l'impianto, su un aliante, di un turboreattore atto ad assicurarne il lancio e la salita ad una quota massima di 10 000 m. Le autorità competenti si sono assai interessate a questo *turboaliante*, che si crede adatto a varie missioni aerologiche, in particolare per lo studio del cosiddetto *volo sull'onda*.

Il Fouga *Cyclone* è un aliante monoplano tipo cantilever a ala mediana, con impennaggio a V e un carrello a ruota unica con gruccia; il peso a pieno carico varia fra 425 e 497 kg secondo il tipo. Il turboreattore *Turboméca O 11* è montato sul dorso della fusoliera, immediatamente dietro il tetto vetrato della cabina. Esso sviluppa una spinta di 80 kg e pesa, col rifornimento, 50 kg. In queste condizioni l'aliante raggiunge in 1 h 25 min la quota massima di 10 000 m, con velocità ascensionale al suolo di 3,65 m/s. Decolla su 300 m, e il peso di carburante trasportato è dell'ordine di 60 kg.

Il turboreattore è il solo mezzo capace di innalzare l'aliante a 1 000 o 1 500 m; esso gli consente inoltre di spostarsi con mezzi propri per cercare le condizioni metereologiche più favorevoli esplorando così zone assai estese. Con i serbatoi di carburante vuoti, l'aliante pesa intorno ai 400 kg per il tipo *CM 8-13 R*, e la sua finezza, ancora notevole pur con la presenza del reattore, gli consentirà certamente prestazioni oltremodo interessanti.

Ma l'enorme consumo di questo tipo di motore ne limiterà le applicazioni a pochi casi, salvo che non si riesca a costruire un *microreattore* di dimensioni e peso minimi, che non consumi più dei dispositivi comunemente usati.

L'avvenire del motoaliante

L'avvenire del decollo e della propulsione meccanica non risiede probabilmente nel razzo o nel turboreattore, il cui consumo è eccessivo; il solo motore a scoppio riunisce leggerezza ed economia.

Il problema è dunque di studiare una cellula su cui possa montarsi un gruppo motopropulsore appena capace di assicurarne il decollo e la sostentazione indipendentemente dalle correnti ascendenti; pare che l'impiego di tipi di ali ipersostentatrici di grande finezza, permetta di conseguire notevoli progressi. Uno degli aeroplani sperimentali più notevoli, presentati in Francia qualche mese fa, l'*Hurel Dubois HD-10*, offriva una superficie alare a grandissimo allungamento (32,5), anche superiore a quello degli alianti; esso usava come ipersostentatori le alette tipo Fowler che gli davano una grande finezza, anche ad alette abbassate. Così, l'*HD-10* può mantenersi in volo, ad alette abbassate, con una potenza estremamente bassa, di poco più di 12 cav per un peso di 480 kg. Con questa formula, ad un aliante di 250 kg a pieno carico, occorrerebbero per mantenersi in volo, appena 6 cav, riducibili anche a 4 o 5 cav se si tien conto della sua velocità assai inferiore a quella dell'*HD-10*; questa potenza si potrebbe ottenere con un gruppo motopropulsore di peso non superiore ad una decina di chilogrammi, eventualmente retrattile nell'interno della fusoliera, se si volesse migliorare la finezza dell'aereo nel volo librato.

Il decollo su una lunghezza accettabile con una potenza così debole propone naturalmente un altro problema; per risolverlo, si può sia aumentare la potenza del motore, sia aiutarsi al decollo con un'iniezione di acqua-alcool, sia infine fare uso di un razzo tipo *Jato*, da accendersi soltanto quando il motore abbia impresso una certa velocità all'aliante; questo razzo potrebbe così essere molto più leggero che se dovesse provvedere da solo all'intero decollo.

Così concepito, il motoaliante, col suo piccolo motore sufficiente ad assicurarne la sostentazione, godrebbe di una completa autonomia e sarebbe un apparecchio sportivo assai pregevole. Le correnti termiche ascendenti assicurerebbero la sostentazione normale, mentre il motore servirebbe unicamente per sorvolare le zone insuperabili ad un semplice aliante. Sarebbe allora possibile attraversare tutta la nostra penisola, con pochi litri di benzina.

Ma si tratterebbe allora di un *motoaliante* che le autorità competenti rifiuterebbero certamente di qualificare semplicemente *aliante*, con tutte le relative conseguenze.

I PRIMATI MONDIALI

MONOPOSTI (MASCHILI)

Durata: Marchand (Francia) su N 2 000, 40 h 51 min (1949).

Quota: Person (Svezia) su Weihe, 8 050 m (1947).

Distanza (linea retta): Klepikowa (U.R.S.S.) su Rob Front 7 (1939).

Distanza (circuito): Mac Gready (U.S.A.) su Schweitzen, 368,844 km (1947).

MONOPOSTI (FEMMINILI)

Durata: signorina Choisnet (Francia) su Air 100; 35 h 3 min (1948).

Quota: sig.ra Mathé (Francia) su N 2 000, 6 730 m (1948).

Distanza (linea retta): signorina Klepikowa (U.R.S.S.) su Rob Front 7 (1939)

Distanza (circuito): signorina Choisnet (Francia) su N 2 000, 146 km (1948)

BIPOSTI (MASCHILI)

Durata: Bodecker-Zender (Germania) su Kranich, 50 h 26 min (1938).

Quota: Rousselet-Faivre (Francia) su Kranich, 6 780 m (1948).

Distanza (linea retta): Kartacher-Savtzov (U.R.S.S.) su Stakhanovitz, 619,748 km (1938).

Distanza (circuito): Kartascer-Petrocenkova (U.R.S.S.) su Stakha (1940).

A complemento di quanto è stato scritto nell'articolo Due ponti a Roma *apparso nel fascicolo 6 a pagina 380 di* Scienza e Vita, *si aggiunge che la parte architettonica del Ponte Africa è opera dell'ingegnere architetto Cesare Pascoletti.*

Un problema che appare più complesso a mano a mano che riusciamo a precisarne meglio i dati:

LA NAVIGAZIONE INTERPLANETARIA

Nel corso di una generazione la propulsione a razzo è venuta trasformandosi dal divertimento di pochi entusiasti in un capitolo quanto mai importante e suggestivo di ricerche fisiche che, dopo le infauste applicazioni belliche, fa intravvedere la possibilità di portare strumenti, e forse anche uomini, fuori del campo gravitazionale terrestre.

UNA vecchia stampa mostra Padre Mersenne, amico e corrispondente di Cartesio, nell'atto di sparare verticalmente una palla di cannone. La didascalia del disegno è laconica: « Ricadrà? » Il calcolo ha già dimostrato da tempo che, ove si prescinda dalla resistenza dell'aria, un proiettile lanciato verticalmente dalla superficie del nostro globo, con una velocità iniziale superiore a 11 180 metri il secondo, non ricadrebbe. L'attrazione terrestre, che diminuisce in ragione del quadrato della distanza, rallenterebbe gradatamente il proiettile, ma senza arrivare a farlo retrocedere.

D'altronde proprio su questo calcolo si basava l'idea del famoso proiettile del *viaggio dalla Terra alla Luna* di Giulio Verne; ma un simile fantastico ordigno avrebbe letteralmente schiacciato i suoi viaggiatori almeno due volte, e cioè: una prima volta dentro l'anima del cannone alla partenza del colpo, e una seconda volta, poi, nel momento di entrare nell'atmosfera che, a sì alta velocità, si manifesterebbe resistente come un muro di granito. Per eliminare queste due difficoltà, il cannone non dovrebbe essere lungo soltanto i 300 m della *Columbia* di Verne, bensì almeno 637 km!

Ora, il nostro tempo ci ha dato uno strumento che consente di disporre di spazi ancora più vasti per consentire al proiettile di assumere gradualmente la velocità necessaria, e cioè di venire accelerato meno bruscamente: il razzo.

Gli Americani hanno recentemente superato i 400 km di quota mediante un nuovo modello di razzo, il *razzo multiplo*, che pesa 75 tonnellate alla partenza (*Scienza e vita*, n. 3, pag. 188).

La velocità di fuga

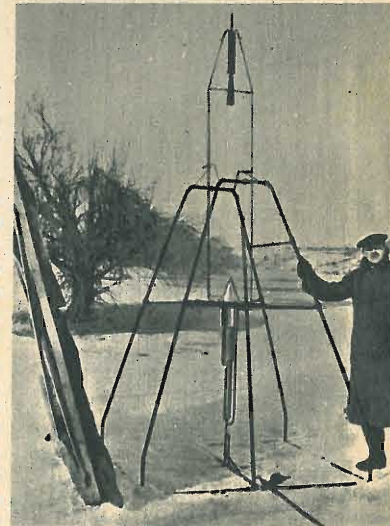
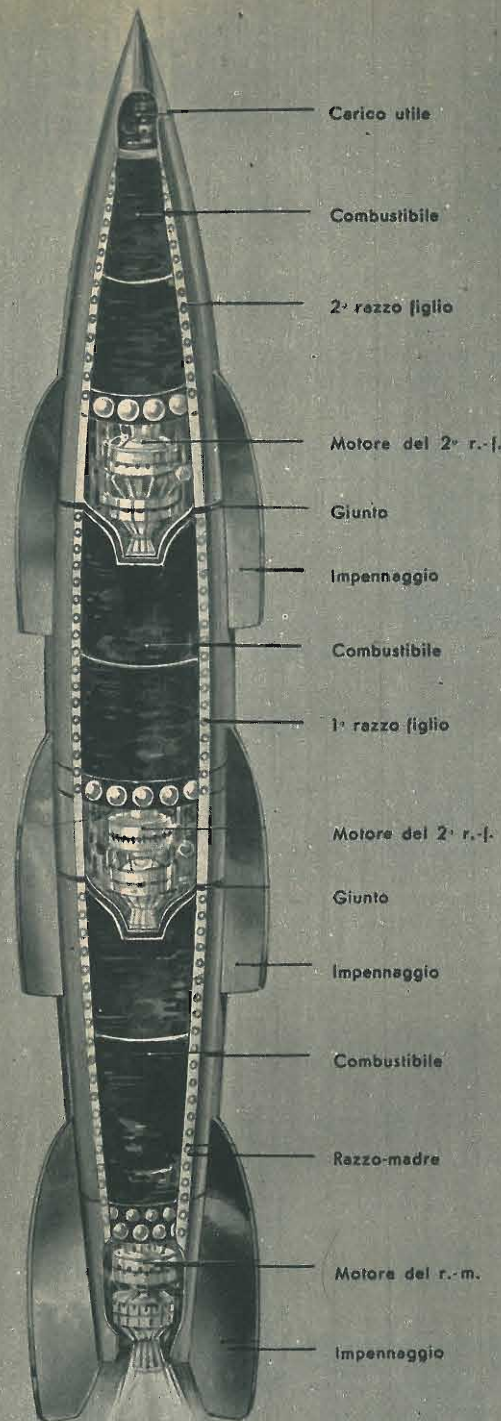
Se la Terra fosse sprovvista di atmosfera, basterebbe lanciare dalla sua superficie un proiettile animato dalla velocità iniziale di 11 180 metri il secondo, perchè si allontanasse indefinitamente, con una velocità man mano decrescente. Questa velocità è, d'altra parte, la velocità di caduta di un corpo che giungesse sulla Terra dalle regioni estreme dello spazio (naturalmente supponendo che il proiettile e la Terra siano gli unici corpi in presenza). Se, in un punto della Terra si applicasse questa velocità, non più secondo la congiungente dei centri di gravità del corpo e del pianeta, ma in una direzione qualsiasi, il corpo descriverebbe una parabola invece di una linea retta, allontanandosi però sempre indefinitamente; da ciò proviene il termine *velocità di fuga*.

In effetti, siccome non consideriamo più un proiettile bensì un *razzo*, dobbiamo calcolare la velocità di fuga corrispondente al punto in cui la sua carica propulsiva è interamente consumata ed a partire dal quale esso, di conseguenza, non obbedisce più se non alla sola attrazione terrestre. Questa velocità di fuga decresce in ragione inversa dell'altezza, come appare dalla tabella 1.

TABELLA I

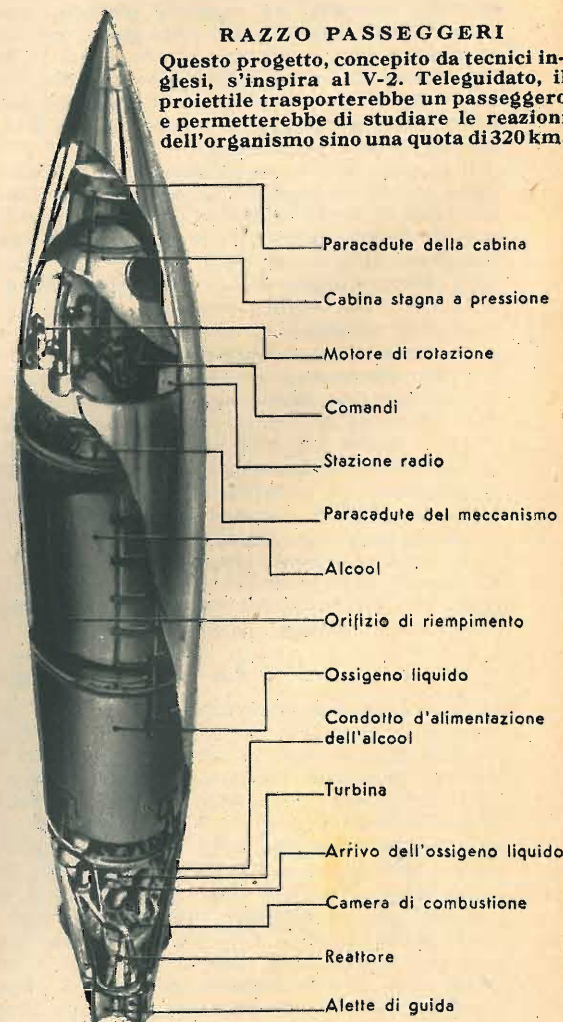
Quota (km)	Distanza d dal centro della Terra misurata in raggi terrestri $\left(\frac{d}{R}\right)$	Velocità di fuga (m/sec)
3000	1,5	9130
6000	2	7706
9000	2,5	7072
12000	3	6454
15000	3,5	5977
18000	4	5590

IL RAZZO GODDARD

Il dott. Goddard, accanto al dispositivo di lancio del primo razzo a carburante liquido (1926); carburante, costituito da benzina, e comburente da ossigeno liquido; il serbatoio, esattamente sotto il motore del razzo che ne occupa il vertice. Esperimenti preliminari avevan provato che questa disposizione garantiva al congegno una grande stabilità. Nel '35 una torre di 18 m lanciò un razzo Goddard di 3,50 m.

IL RAZZO MULTIPLO

Per portare verso la Luna strumenti scientifici del peso di 50 kg, un razzo così fatto a 3 piani propulsivi, dovrebbe pesare 55 t.

La scelta dell'accelerazione

Il problema è in questo modo trasformato nell'altro: è possibile costruire un razzo che, aumentando gradatamente di velocità, attraversi gli strati densi dell'atmosfera a velocità *ragionevoli* per raggiungere la velocità di fuga solo di là dall'atmosfera stessa? Ed ecco subito una prima difficoltà: per poter raggiungere una quota, in cui la velocità di fuga sia sensibilmente ridotta, occorrerà accelerare il razzo progressivamente per un tempo relativamente lungo o meglio, invece, provocare una brusca accelerazione per un periodo di tempo brevissimo? È intuitivo che, se si accelera troppo debolmente, l'accelerazione dovuta al campo gravitazionale terrestre resta sempre molto notevole rispetto a quella generata dal dispositivo di propulsione del razzo, e tutto il combustibile sarà necessariamente consumato prima che il congegno abbia raggiunto la quota sufficiente nonchè la velocità di fuga corrispondente alla stessa quota. Se, invece, si accelera troppo bruscamente, la velocità raggiunta durante il percorso nell'atmosfera sarà troppo elevata, provocando valori inaccettabili per la resistenza dell'aria, che funziona da freno. Fra questi due estremi ci deve essere un valore *optimum* dell'accelerazione. D'altronde, nel caso di un veicolo che trasporta persone, interverrà un altro e non meno importante fattore: quello dell'accelerazione massima che può essere sopportata dal corpo umano.

Noi siamo normalmente sottoposti all'accelerazione del campo gravitazionale terrestre, che è di 9,81 metri sec² (designata comunemente con la lettera *g*). In un razzo che sale verticalmente sotto l'azione di una forza eccedente del 10% il suo peso (ad esempio 110 tonnellate per sollevare un razzo di 100 tonnellate), gli eventuali viaggiatori sopporterebbero una accelerazione $G = 1,1$ *g*; vale a dire che essi avrebbero la sensazione che il loro peso fosse aumentato in ragione del 10% in confronto a quello normale, ciò che insomma non dà luogo a disturbi fisiologici rilevanti. Ma occorrerebbe un periodo di tempo relativamente lungo e un enorme consumo di combustibile per raggiungere la velocità di fuga.

Qualora si sottoponga, invece, il razzo ad una spinta decupla del suo peso, i viaggiatori diverranno allora dieci volte più pesanti: un uomo di 70 chili avrà l'impressione di pesarne 700 e non potrà sopportare gli effetti di questa spinta del razzo se non stando sdraiato nella direzione del moto (*Scienza e Vita*, fasc. 5, pag. 296). D'altra parte, l'accelerazione del razzo sarà di 9 *g*, e la velocità diverrà rapidamente vertiginosa.

Siamo giunti così alla formulazione di un nuovo problema: poichè la spinta propulsiva si eserciterà solo durante la combustione dei gas, sotto quali condizioni la velocità massima raggiunta, al termine della combustione stessa, sarà uguale alla velocità di fuga necessaria per sfuggire all'attrazione terrestre?

RAZZO PASSEGGERI

Questo progetto, concepito da tecnici inglesi, s'inspira al V-2. Teleguidato, il proiettile trasporterebbe un passeggero e permetterebbe di studiare le reazioni dell'organismo sino una quota di 320 km.

Il rapporto di massa

Consideriamo anzitutto il caso più semplice, cioè quello di un razzo che si trovasse nel vuoto interplanetario fuori di una qualunque atmosfera e di qualsiasi campo gravitazionale. La velocità acquisita ad un certo momento da questo proiettile sarà, a parità degli altri elementi, proporzionale alla velocità di eiezione dei gas di combustione. Se si suppone che la combustione sia regolata in modo da produrre una spinta costante, questa spinta si eserciterà su una massa sempre più piccola a mano a mano che la carica propulsiva verrà consumata e, durante gli ultimi istanti di propulsione, l'aumento di velocità sarà molto considerevole. Ciò che regola, in definitiva, a pari velocità di eiezione, la velocità finale del proiettile, è dunque il *rapporto di massa* del razzo, cioè il rapporto tra la massa alla partenza e la massa alla fine della propulsione. La tabella II mostra come, fuori di qualsiasi atmosfera e di ogni campo gravitazionale, occorra già consumare all'incirca i due terzi della massa iniziale per raggiungere una velocità uguale alla velocità di eiezione, ed il 95% qualora si voglia raggiungere il triplo di quest'ultima velocità.

Del pari, per raggiungere sette volte il valore della velocità di eiezione dei gas, bisognerebbe consumare poco più di 999 millesimi della massa iniziale. Questi calcoli schematici sono però validi solo nell'ipotesi dell'assenza di qualsiasi atmosfera come di qualunque campo gravitazionale, sicchè i consumi reali saranno certo più elevati.

TABELLA II

M /M	Massa consumata	$Ln\frac{M_0}{M} = \frac{V}{v}$
1,25	20 %	0,22314
1,666	40 %	0,51083
2	50 %	0,69315
2,5	60 %	0,91629
2,789	0,63212	1
3,333	70 %	1,20398
5	80 %	1,60944
10	90 %	2,30259
20	95 %	2,99573
100	99 %	4,60517
200	99,5 %	5,29832
1000	99,9 %	6.90776
∞	100 %	∞

La velocità di eiezione dei gas

Una delle condizioni stabilite per il vuoto ed in assenza di gravità, è tuttavia vera in qualsiasi circostanza: per la stessa massa espulsa, la forza propulsiva è sempre proporzionale alla velocità di eiezione. E quindi, siccome, per una stessa forza propulsiva, il consumo varia in senso inverso alla velocità di eiezione, converrà scegliere questa in modo che sia la più elevata possibile.

Ora la velocità d'eiezione dipende unicamente dall'energia fornita da ogni chilogrammo di reattivo (combustibile e comburente, poichè occorre trasportare anche quest'ultimo). Robert Esnault Pelterie (membro dell'*Institut* di Francia, inventore fecondo e rinomato specie nel campo dell'aeronautica, a buon diritto annoverabile tra i precursori dell'astronautica) con l'ossigeno liquido e l'etere di petrolio, ha ottenuto 2 400 m/sec combinando ossigeno con idrogeno liquido.

Esaminiamo ora l'azione concomitante sul rapporto di massa, determinata dalla velocità di eiezione e dall'accelerazione adottata, come pure la condizione di *optimum* (corrispondente al consumo minimo) cui abbiamo accennato. La tab. III indica i valori del rapporto di massa in funzione delle velocità di eiezione e delle accelerazioni.

Si vede che le velocità da 2 000 a 2 500 m/sec sono inutilizzabili poichè, per 2 500 m/sec di velocità di eiezione — e nelle migliori condizioni — per muovere un veicolo che pesi, in tutto l'insieme, una tonnellata, occorrerebbe consumare 109,6 tonnellate di combustibile (quindi una massa iniziale di 110,6 tonn) per raggiungere la velocità di fuga, tenendo conto solo dell'attrazione terrestre e astrazion fatta dalla resistenza dell'aria.

Le velocità da 4 000 a 5 000 m/sec corrispondono a quanto si spera di ottenere con idrogeno ed ossigeno liquido. Con la massima accelerazione fisiologicamente ammissibile, $G = 10$ *g*, il rapporto di massa cade a 10,5. Ciò significa che un veicolo

di una massa finale di 10 t dovrebbe pesarne 105 alla partenza. Il fatto di trasportare 95 t di reattivo in un razzo che pesi 10 t a vuoto sembra, in pratica, difficilmente realizzabile.

Le velocità da 6 000 a 8 000 m/sec non possono concepirsi se non con una fonte di energia nucleare. D'altra parte è ancora estremamente difficile poter immaginare un razzo a motore atomico allo stato attuale della scienza nucleare, e la scissione dell'uranio o dei suoi derivati non offre direttamente un mezzo comodo per realizzare un siffatto motore. Se si utilizza invece l'energia calorifera generata in una pila atomica, ad esempio per vaporizzare un fluido che si eietterà nel reattore, si è condotti a temperature di funzionamento enormi. Nè si vede il mezzo per eiettare direttamente nel reattore i prodotti velocissimi della scissione dell'uranio, poichè questi nascono direttamente nella massa in reazione e vengono rapidamente arrestati dalla materia che li circonda.

Ma la scienza nucleare, la *nucleonica*, non è che ai primi balbettamenti e questo forse può indurre a sperare che si potranno costruire un giorno motori atomici il cui impiego in un razzo sarà più pratico e comodo; i rapporti di massa di questi ordigni cesseranno d'essere proibitivi; la navigazione interplanetaria diverrà una realtà.

Razzi multipli

Nell'attesa, esiste un altro modo per scansare la difficoltà derivante dall'accrescimento proibitivo del rapporto di massa in funzione delle velocità da raggiungere: è questo il razzo multiplo (*Scienza e Vita*, fasc. 5). Questo razzo è un ordigno composito formato da due o più razzi infilati uno nell'altro. Quando il primo giunge al termine della sua fase propulsiva, il secondo se ne distacca e continua la propulsione coi propri mezzi. La velocità che gli comunica la sua carica, viene ad aggiungersi a quella impressagli dal *razzo-madre*. Si ottiene così una migliore utilizzazione della carica propulsiva totale, poichè nella seconda fase si deve trasportare solo una massa molto più piccola. Infilando parecchi razzi uno di seguito all'altro, si potrebbe raggiungere la velocità di fuga con velocità di eiezione dei gas attualmente realizzabili, ma non si otterrebbe ancora che un infimo carico utile per un *razzo-madre* di parecchie tonnellate. I viaggi interplanetari si concepiscono dunque solo con un motore atomico.

Il primo viaggio interplanetario

Così, dunque, la liberazione dell'energia atomica ci pone in condizioni di poter effettuare il primo viaggio interplanetario: quello verso la Luna, distante all'incirca 380 000 km. Esso potrebbe venir prospettato nelle seguenti condizioni: sottoposto ad un'accelerazione $G = 2\ g$, il veicolo raggiungerebbe la velocità di fuga di 9 km/sec a 3 185 km di quota, in 12 minuti e 30 secondi.

In quel momento, finita la propulsione, esso continuerebbe a seguire il suo cammino per la velocità acquisita, descrivendo una curva più o meno in forma di ellisse molto allungata, passerebbe per una velocità minima aggirantesi sui 2 km/sec, poi, attirato dalla Luna, accelererebbe nuovamente per girarle attorno come un satellite passandole dietro, e tornerebbe in seguito verso la Terra, seguendo una curva press'a poco simmetrica. Effettuato in tal modo, il tragitto di andata durerebbe poco più di 48 ore e mezza. Il viaggio di ritorno riprodurrebbe le stesse fasi, in senso inverso, con una durata totale identica.

Ma questo primo viaggio propone subito due importanti problemi. A partire dall'istante in cui la propulsione viene a mancare, i viaggiatori nell'interno del veicolo cesserebbero di *pesare*, ciò che determinerebbe per conseguenza una sensazione così completa di caduta da non far loro percepire nemmeno più in quale direzione essa avviene. Come reagirebbe l'organismo umano? L'esperienza acquisita in materia di aviazione autorizza a credere che i piloti, i quali possono volare senza danno con la testa rivolta in basso (con un'accelerazione negativa) per parecchie ore non subirebbero disturbi intollerabili. Ma potrà dirsi altrettanto per gli altri uomini senza allenamento?

Il secondo problema è quello dell'atterraggio al ritorno. Se si potesse disporre di una quantità di combustibile uguale a quella consumata alla partenza, la soluzione sarebbe semplice: basterebbe capovolgere il razzo e mandar fuori il gas in senso opposto: la legge di accelerazione riprodurrebbe teoricamente quella della partenza, ma in senso inverso, ed il veicolo verrebbe a posarsi senza danni sulla superficie terrestre. La resistenza dell'aria aiuterebbe in tal caso il frenamento del razzo. Per far questo, però, il rapporto di massa dovrebbe essere elevato al quadrato, e, se si tiene presente la tabella III, ci si accorge che esso diverrebbe impraticabile, a meno che non si accetti di utilizzare l'accelerazione $G = 10\ g$, ciò che non costituirebbe più un'accelerazione *confortevole*.

◄ Il Viking, primo razzo sperimentale di concezione americana, ha raggiunto, nel suo primo volo (3 maggio 1949), i 3300 km/h e 80 km di quota; si ritiene che supererà presto l'altezza di 300 km.

Il frenamento e l'atterraggio

Per evitare questo inconveniente, il tedesco Hohmann ha suggerito una traiettoria di ritorno che raggiunga tangenzialmente gli strati superiori dell'atmosfera terrestre sui quali il veicolo, munito di alettoni, rimbalzerebbe subendo una leggera frenatura. Descriverebbe così un'ellisse che lo ricondurrebbe una seconda volta a contatto degli strati superiori dell'atmosfera, dove subirebbe una seconda frenatura e così di seguito. Il terzo, od il quarto, contatto sarebbe definitivo, e l'atterraggio potrebbe compiersi a volo planato.

Questa soluzione comporta tuttavia un'incognita che non è possibile attualmente determinare, e cioè il valore del riscaldamento che il razzo subirebbe viaggiando a una velocità dell'ordine di 10 km/sec al contatto degli strati anzidetti per quanto rarefatti essi siano.

Circa alla temperatura cui sarebbero sottoposti i viaggiatori durante i quattro giorni vissuti fuori dell'atmosfera, questo problema non crea invece difficoltà: basterebbe che il veicolo fosse dipinto in nero nella metà della sua superficie e speculare l'altra. Alla distanza (sensibilmente costante) del Sole alla quale si troverebbe il razzo, sarebbe così possibile regolare la temperatura fra + 42° C (quando il lato nero del veicolo è rivolto al Sole) e — 76° C (quando lo è, invece, il lato speculare).

TABELLA III

	Velocità di eiezione dei gas (m/s)	Accelerazione		
		G = 1,1 g	G = 2 g	G = 10 g
A	2000	143000	1574	358,5
A	2500	13270	361,3	110,6
	3000	2700	135,2	50,5
	3500	883	67,1	28,8
B	4000	378	39,7	18,9
B	4500	196	26,3	13,6
B	5000	115	19,1	10,5
C	6000	52,2	11,6	7,10
C	7000	29,7	8,19	5,37
C	8000	12,4	6,30	4.35
	9000	14,0	5,13	3,69
	10000	10,7	4,36	3,24

Rapporto di massa

La rotazione del veicolo, tanto per questa regolazione termica, quanto per la comune guida, verrebbe ottenuta con molta maggiore facilità facendo girare sopra un perno, nell'interno, un corpo pesante qualsiasi *in senso inverso* a quello che si desidererebbe far assumere al razzo.

Ecco come potrebbe essere realizzato il viaggio dalla Terra alla Luna ed attorno alla Luna. Un razzo multiplo verrebbe lanciato (1) verso il nostro satellite ed abbandonerebbe successivamente (2 e 3) le prime due sezioni propulsive. Dopo aver fatto il giro della Luna, sotto l'azione del campo di gravitazione di questo astro spento, ritornerebbe ancora verso il nostro pianeta planando per un certo tempo nella atmosfera (4) prima di atterrare (5).

L'avvenire più lontano

Se la *fissione*, se la scissione dell'uranio ci consente di prevedere il viaggio verso la Luna — o almeno l'invio di apparecchi capaci di fotografare la faccia opposta del nostro satellite, che l'occhio umano non ha mai potuto contemplare —, essa tuttavia non ci permette di sperare l'esplorazione dei pianeti, anche di quelli più vicini, poichè sarebbero viaggi di uno o due anni.

Ma nulla vieta di prevedere la possibilità di velocità di eiezione ben più elevate, mediante proiezione di particelle elettrizzate. I fisici realizzano, nei laboratori, proiezioni corpuscolari di velocità prossime a quella della luce (300 000 km/sec) e si può supporre, senza esagerazione, che sarà possibile un giorno ottenere a bordo di un'*astronave* velocità di spinta pari a 10 000 o 20 000 km/sec. Un siffatto progresso ci consentirebbe viaggi *comodi* sotto un'accelerazione costante e sensibilmente uguale a quella della gravità alla superficie terrestre (ad es. 1,1 *g* alla partenza).

Nella ipotesi semplificatrice che il viaggio alla Luna sia così effettuato con una velocità di spinta di 10 000 km/sec sotto un'accelerazione costante uguale a 1,1, *g*, non si trovano più durate dell'ordine di 48 ore, ma solo di 3 ore e 40 minuti all'incirca, passando verso la metà del percorso a una velocità massima di 60 km/sec; se da questo istante in poi il veicolo viaggerà capovolto, i gas

TABELLA IV

PIANETI	Distanza minima		Velocità massima in km/s	Durata ore min	M_0/M per una andata od un ritorno	Ritardi relativistici di tempo nell'andata e ritorno
	in raggi medi dell'orbita terrestre	in milioni di km				
Mercurio	0,6129	91,635	948	53	1,543	0" 644
Venere	0,2767	41,369	637	36, 05	1,339	0" 195
Marte	0,5237	78,298	877	49	1,495	0" 509
Giove	4,2026	628,331	2483	140, 30	3,115	0' 11" 5
Saturno	8,5547	1279	3540	200, 30	5,05	0' 33" 6
Urano	18,2181	2724	5170	293, 30	10,64	1' 44"
Nettuno	29,1096	4352	6534	370	20	3' 31"

di scarico opereranno un frenamento continuo che permetterà al razzo di posarsi sulla superficie lunare. La partenza per il ritorno dovrebbe effettuarsi con maggior facilità, poichè la gravità alla superficie del nostro satellite è solo 0,165 di quella che noi subiamo alla superficie terrestre (1 tonnellata, lassù, non pesa che 165 kg).

Con una tale velocità di eiezione dei gas di 10 km/sec, il rapporto di massa finale cade a 1,0137; in altre parole il veicolo non avrà consumato che 0,0137 del suo peso: 137 kg per 10 tonnellate alla partenza. Non vi sarà più nessuna difficoltà per il consumo di altri 137 kg per il ritorno verso la Terra, la cui atmosfera potrà venire affrontata a velocità ridotta grazie al frenamento col solito metodo.

Verso gli altri pianeti

Questa velocità di eiezione di 10 km/sec permetterebbe persino di preveder l'esplorazione di qualche pianeta più lontano. La tabella IV fornisce i dati fondamentali per questi itinerari.

Così, l'esplorazione di Mercurio (che non ha di atmosfera), Venere e Marte sarebbe perfettamente realizzabile. Soprattutto Venere offrirebbe un grandissimo interesse, poichè si trova probabilmente press'a poco allo stato in cui era il nostro globo intorno all'epoca carbonifera, almeno in corrispondenza dei suoi poli. Il sapere se in Venere c'è vita, e in quale forma, ci fornirebbe inestimabili informazioni sulle condizioni della vita stessa, sui suoi sviluppi e sul valore delle teorie finora proposte per spiegare l'origine della vita. È tuttavia chiaro che per Giove ed i pianeti esterni si ricade nel campo dei rapporti di massa difficilmente accettabili.

Per il viaggiatore di un razzo animato da così grande velocità entrano in giuoco le conclusioni della teoria di relatività e, particolarmente di quella nota come relatività speciale o ristretta, in quanto per lui, come per il personaggio immaginato da P. Langevin, il tempo non avrebbe il medesimo valore che ha per gli abitanti del nostro pianeta. L'ultima colonna della tabella IV indica i ritardi di tempo relativistici che risulterebbero per i viaggi considerati. Per i pianeti inferiori, benchè questo ritardo non superi affatto il mezzo secondo, esso potrebbe essere tuttavia rivelato dai nostri mezzi di osservazione e ciò costituirebbe la prima verifica diretta della accennata conseguenza della teoria di relativistica. Ma il *ringiovanimento* degli astronauti sarebbe minimo.

Poichè non abbiamo escluso l'impiego della proiezione di particelle elettrizzate a velocità molto superiori ai 10 000 km/sec non si può dire in conclusione che l'esplorazione di tutto il nostro sistema solare sia *a priori* un'utopia. Ma la possibilità di uscir fuori dal nostro sistema planetario, per recarci a visitare il sistema della stella più vicina a noi (l'*Alfa*, della Costellazione del Centauro, situata a 4,3 anni-luce (ossia 4×10^{16} km), rimarrà cosa a noi eternamente preclusa, a meno che i fisiologi non scoprano il mezzo di metterci per parecchi anni, e senza alcun danno, in condizioni di vita *rallentata*.

QUANDO GLI ESPLORATORI ATTERRERANNO SULLA LUNA

LA GRAVITÀ alla superficie del globo lunare è soltanto un sesto di quella esercitata alla superficie della Terra: un abitante del nostro pianeta, che pesi 90 kg, non ne peserà lassù che 15 e, senza alcun eccezionale sforzo muscolare, potrà eseguire salti di 6 m. Poichè la Luna è sprovvista di atmosfera, sarà indispensabile ch'egli si protegga contro gli effetti deleteri e mortali delle radiazioni ultraviolette solari che non sono arrestate da alcuna atmosfera come invece avviene sulla Terra; il cielo gli sembrerà nero, poichè proprio la diffusione delle radiazioni di corta lunghezza d'onda da parte delle molecole gasose dell'atmosfera fa apparire azzurro il cielo sulla Terra. Non potrà, ben inteso, lasciare il suo scafandro nè comunicare oralmente coi propri simili per quanto vicini possano essergli, ma solo per radio, giacchè il suono non si propaga nel vuoto. La Terra gli sembrerà immobile nel cielo, poichè la Luna le presenta sempre la stessa faccia. Fra il levare del Sole ed il suo tramonto trascorrerà una durata pari a quindici giorni terrestri, dato che il giorno lunare vale all'incirca trenta volte quello terrestre. Nei punti della Luna ove il Sole è allo zenit, la temperatura raggiunge i 120°. All'ombra regna un freddo intenso: 100 gradi sotto zero. Le cadute dei meteoriti, non più frenati o bruciati dall'atmosfera, costituiranno inoltre uno spaventoso pericolo.

IL COMANDO A DISTANZA DI VEICOLI IN MINIATURA

Non basta la sola ingegnosità per costruire quei modellini di aeroplani o di minuscole navi, dei quali è possibile seguire le complicate manovre nei laghetti dei giardini pubblici. Occorre, infatti, applicare su scala ridottissima le scoperte più recenti della tecnica.

PRIMA della guerra, una rivista americana ci aveva mostrato una flotta di minuscole navi telecomandate fotografata insieme col suo facoltoso armatore, in smagliante uniforme di ammiraglio... d'acqua dolce. La didascalia indicava soltanto il prezzo, molto alto, della flotta lillipuziana, ma non diceva quasi nulla intorno ai particolari tecnici.

L'America non ha tuttavia il monopolio di queste costruzioni in miniatura. Il radiocomando (fig. a pag. 488) sia delle piccole navi, sia dei minuscoli aeroplani è nato proprio in Europa. Siccome i nostri lettori sono più desiderosi di spiegazioni tecniche che non di notizie sul costo astronomico di questi oggetti, ci proponiamo di illustrare il loro funzionamento. Invero, i nostri dilettanti sono capaci con la loro ingegnosità di costruire e di manovrare perfettamente, col radiocomando, modellini del costo di poche migliaia di lire.

Si tratta in sostanza di manovrare modelli, in scala ridotta, riproducenti con maggiore o minore fedeltà una nave o un aeroplano; in altre parole, di far compiere ad un piccolo scafo (copia minuscola di un grosso transatlantico o di una torpediniera), a un fuori bordo con motorino a scoppio (anch'esso riproduzione ridottissima, a esempio, di un motopeschereccio), tutte le evoluzioni di una nave vera e propria. Oppure di fare volare un modellino aereo, dalle perfette linee aerodinamiche, di fargli compiere giri a spirale e farlo atterrare sul punto di partenza.

Nei casi più semplici, occorre almeno comandare a distanza il timone, spostarlo a destra, a sinistra o riportarlo al centro; altre volte, modificare la velocità della nave, mettere in moto un paranco, accendere le luci di posizione, ecc. Il problema da risolvere è quindi triplice: trasmettere i comandi; ricevere i comandi trasmessi; eseguire infine, di volta in volta, le manovre comandate.

Modello di nave telecomandato. ➡ Sul piano di manovra, la trasmittente a cristallo su onde di 5 m, potenza 2 W.